มีอะไรใน โฮมคอมพิวเตอร์

บุญเลิศ เอี่ยมทัศนา

เมื่อประมาณสี่ปีที่แล้วผมเห็นเครื่องที่เรียกกันว่าโฮมคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันกำลังแพร่หลายอยู่ในญี่ปุ่น ผมมองดูแล้วก็ได้แต่สงสัยว่าจะมาถึงบ้านเราหรือไม่ เพราะเครื่องแอปเปิ้ลกำลังโด่งดังอยู่ในบ้านเรา ที่น่าประหลาดคือกลับเดินทางมาถึงในยุคของไอบีเอ็มพีซี กว่าผมจะรู้ก็เต็มตลาดเมืองไทยเสียแล้วในนามของเครื่องเล่นเกม และที่น่าประหลาดยิ่งขึ้นไปอีกคือไปแพร่หลายอยู่นอกวงการไมโครคอมพิวเตอร์ ผมหมายถึงการโฆษณาไปลงอยู่ตามนิตยสารทั่วไป

Home กับ MSX

ในขั้นแรกที่ผมรู้จักเครื่องแบบนี้ไม่ได้รู้จักในชื่อของโฮมคอมพิวเตอร์ (Home computer) แต่รู้จักในนามของ MSX ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ทางญี่ปุ่นกำหนดขึ้นว่า เครื่องที่จะผลิตในญี่ปุ่นไม่ว่าจะเล็กหรือใหญ่ให้มีมาตรฐานของข้อต่อเป็นแบบเดียวกัน (อย่าไปเอาอย่างแอปเปิ้ลกับไอบีเอ็ม) คือไม่ว่าจะซื้อเครื่องของบริษัทไหน ให้ใช้กับอุปกรณ์ภายนอก เช่น เครื่องพิมพ์ จอยสติ๊กของบริษัทอื่นได้

ส่วนคำว่า MSX นัยว่าย่อมาจากคำว่า MicroSoft Extension เพราะญี่ปุ่นให้ไมโครซอฟต์เขียนซอฟต์แวร์ให้ มีผู้กล่าวว่าญี่ปุ่นเก่งทางด้านฮาร์ดแวร์ แต่ซอฟต์แวร์สู้สหรัฐไม่ได้ เท็จจริงอย่างไรไม่ทราบครับ

โฮมกับพีซี

มีผู้สงสัยเหมือนกันว่าโฮมคอมพิวเตอร์ (Home computer) กับพีซี (PC:Personal Computer) ต่างกัน

อย่างไร เรื่องนี้พูดยากครับเพราะเมื่อแอปเปิ้ลทูโด่งดังนั้นดูเหมือนจะไม่ได้กล่าวขวัญกันถึงคำทั้งสองนี้เลยจนมีข่าวว่าไอบีเอ็มยักษ์ใหญ่ในวงการเมนเฟรมจะออกไมโครคอมพิวเตอร์ บ้างก็ว่าจะออกเป็นโฮมคอมพิวเตอร์ บ้างก็ว่าจะออกเป็นเพอซันแนลคอมพิวเตอร์

คำทั้งสองนี้ในขณะนั้นมีความขลังพอ ๆ กัน เพราะความยิ่งใหญ่ของไอบีเอ็ม ทำให้มองเห็นเป็นว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์จริง ๆ เสียทีไม่ว่าจะในบ้านหรือส่วนตัว ทั้งนี้เพราะผู้ที่อยู่ในแวดวงของเมนเฟรมในขณะนั้นส่วนหนึ่งไม่ยอมรับไมโครคอมพิวเตอร์เห็นว่าเป็นของเด็กเล่น ต่อมาเมื่อเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ของไอบีเอ็มออกมาจริง ๆ เป็น IBM PC คำว่าโฮมคอมพิวเตอร์ก็เลือนหายไปจนกลับมาใหม่จากญี่ปุ่น

ในปัจจุบันหากจะให้แยกคงต้องดูที่การใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะเห็นว่าใช้กันอยู่ 3 ลักษณะ คือ เป็นเครื่องเล่น เครื่องช่วยการศึกษา และใช้งานจริง ซึ่งถ้าเป็นเครื่องพีซีก็จะหนักไปทางใช้งานจริงกับการศึกษา ถ้าเป็นโฮมก็จะหนักไปทางเครื่องเล่นกับการศึกษา

ทำให้คุณลักษณะของเครื่องแตกต่างกันคือ เครื่องพีซีต้องการหน่วยความจำหลัก (RAM) และหน่วยความจำภายนอก (ดิสค์ไดรฟ์หรือเทป) ขนาดใหญ่ ความต้องการทางด้านจอภาพสีโดยทั่วไปต่ำ แต่โฮมคอมพิวเตอร์มีความต้องการทางด้านจอภาพสีสูง เพื่อแสดงภาพกราฟิกในแบบภาพเหมือน ส่วนหน่วยความจำไม่จำเป็นต้องใหญ่นัก

หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งเครื่องพีซีต้องสนองตอบความต้องการเฉพาะงานหรือเฉพาะบุคคลในระดับสูงได้ แต่โฮมคอมพิวเตอร์เพียงแต่ให้สนองตอบความต้องการทั่ว ๆ ไปของทุกคนในครอบครัวได้เท่านั้น ตั้งแต่คุณพ่อถึงคุณลูก แต่ส่วนใหญ่จะเน้นทางด้านคุณลูก ตามคำขวัญที่ว่า "เด็กในวันนี้คือผู้ใหญ่ในวันหน้า" ครับ

ลักษณะของโฮมคอมพิวเตอร์

ดังที่กล่าวแล้วว่าโฮมคอมพิวเตอร์จะต้องตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของทุกคนในบ้านได้ โฮมคอมพิวเตอร์จึงมีลักษณะเป็นของใช้กึ่งของเล่น ผมคิดว่าผู้ออกแบบโฮมคอมพิวเตอร์คงจะคิดถึงเรื่องราวต่อไปนี้ ซึ่งได้กลายมาเป็นลักษณะเฉพาะของโฮมคอมพิวเตอร์ไป คือ

ราคา

จะต้องถูก ซึ่งมีอยู่ 2 วิธีคือ ทำให้ราคาเครื่องถูก (แต่ไม่ถูกนักสำหรับเงินบาท) และทำให้ใช้กับอุปกรณ์ภายในบ้านได้ จะเห็นว่าโฮมคอมพิวเตอร์ใช้จอภาพเป็นเครื่องรับทีวี(สี) และใช้เครื่องเล่นเทปคาสเซ็ตต์เป็นหน่วยความจำภายนอก (mass storage) ทำให้ตัดราคาขายไปได้มากกว่า 2 หมื่นบาท (ราคาเมื่อ 3-4 ปีที่แล้วเดี๋ยวนี้ถูกลงครับ)

เกม

จะต้องให้เป็นเครื่องเล่นเกมได้ด้วย ซึ่งเพื่อความสะดวกและป้องกันการก๊อบปี้ได้บ้าง ตัวโปรแกรมเกม(รวมทั้งโปรแกรมการศึกษาด้วย) ควรเป็นแบบตลับ เสียบเข้ากับเครื่องเมื่อต้องการรัน จึงกลายเป็นเอกลักษณ์อันหนึ่งของโฮมคอมพิวเตอร์

ภาษาประจำเครื่อง

เพื่อตอบสนองความต้องการของเด็กโตและผู้ใหญ่ ที่ต้องการเขียนโปรแกรมเอง ซึ่งผมคิดว่าในขั้นแรกเขาคงมองไปที่โปรแกรมเกม ต่อมาคงเป็นโปรแกรมเครื่องช่วยการเรียนการสอน จึงต้องทำให้ผู้ใช้สามารถป้อน และรันโปรแกรมได้

ผมคิดว่าเขาคงต้องคิดอย่างหนัก เพราะ ภาษาที่จะให้ผู้ใช้เขียนโปรแกรมได้ง่าย ๆ ต้องเป็นภาษาในระดับสูง หมายความว่า จะต้องมีคีย์บอร์ดแบบพิมพ์ดีด ทำให้ต้นทุนการผลิตต้องสูงขึ้นอีก

สำหรับภาษาคงไม่ต้องคิดมาก ภาษาที่เหมาะคือเบสิก เพราะสามารถติดตั้งประจำเครื่องได้ และเป็นภาษาที่ง่ายสำหรับผู้เริ่มศึกษาภาษาคอมพิวเตอร์ ใช้งานได้กว้างขวางพอสมควร ให้คุณลูกเขียนโปรแกรมเกมก็ได้ เขียนโปรแกรมเครื่องช่วยการเรียนการสอนก็ได้ ให้คุณพ่อเขียนโปรแกรมด้านธุรกิจเล็ก ๆ น้อย ๆ ก็ได้ (เพราะการเก็บข้อมูลลงเทปคาสเซ็ตต์ไม่เหมาะอย่างยิ่งสำหรับข้อมูลมาก ๆ ที่ต้องการความถูกต้องสูง)

ในที่สุดผู้ออกแบบก็ตัดสินใจให้มีภาษาประจำเครื่องโดยใช้ภาษาเบสิก ทำให้โฮมคอมพิวเตอร์คงเป็นโฮมคอมพิวเตอร์อยู่ได้ ไม่ใช่เครื่องเล่นเกมที่มีแต่เกิดกับตายอยู่ได้ไม่นาน

กราฟิก

กราฟิกของโฮมคอมพิวเตอร์จะต้องมีความสามารถสูงกว่าของเครื่องพีซี ซึ่งบนเครื่องพีซีเพียงแต่ลากเส้นตรงเส้นโค้งได้ก็เรียกว่าเป็นกราฟิกแล้ว แต่สำหรับโฮมคอมพิวเตอร์ต้องแสดงภาพกราฟิกได้ดังภาพยนตร์การ์ตูนคือมีฉากหลัง มีตัวละครที่เคลื่อนไหวได้ มีการบังกันเองและบังฉากหลัง ซึ่งภาพเช่นนี้สร้างได้ยากมากบนเครื่องพีซี แต่กลายเป็นของธรรมดาบนเครื่องโฮมคอมพิวเตอร์

ทั้งนี้ผมก็ขอทำความเข้าใจกับคุณครูซึ่งคิดจะนำเครื่องโฮมคอมพิวเตอร์ไปทำเป็นเครื่องช่วยการสอนด้วยครับ คือ หากเป็นภาพกราฟิกธรรมดาหรือที่มีการเคลื่อนไหวแต่ไม่บังกัน จะสร้างบนเครื่องพีซี (รวมทั้งแอปเปิ้ลทูด้วย)

หรือบนโฮมคอมพิวเตอร์ มีความยากง่ายพอ ๆ กันครับ แต่โฮมคอมพิวเตอร์ที่ขายในบ้านเราใช้ระบบ PAL จึงสามารถอัดลงวิดีโอเทปได้ด้วย

การขยายระบบ

คงจะเป็นเพราะเพื่อเอาใจคุณพ่อ (รวมคุณแม่ด้วยครับ) ผู้ออกแบบจึงได้เตรียมการใช้สำหรับให้ต่อกับฟลอปปี้ดิสค์ไดรฟ์ได้ด้วย ซึ่งทำให้สามารถใช้ซอฟต์แวร์ได้มากขึ้น เช่น ภาษาปาสคาล ภาษาซี ดีเบสทู มัลติแพลนเวิร์ดสตาร์ ฯลฯ คือ ซอฟต์แวร์ที่อยู่บน CP/M-80 ทั้งหลาย

มาตราฐานของ MSX

โดยที่โฮมคอมพิวเตอร์มีหลายแบบ บางแบบอาจจะทำงานไม่ได้เท่าที่ผมกล่าวมา ผมจึงขอนำมาตรฐานของ MSX มากล่าวถึง ซึ่งเครื่องของญี่ปุ่นไม่ว่าจะผลิตจากบริษัทใด หากติดตรามาตรฐาน MSX ก็จะมีคุณสมบัติเหมือนกันหมด โดยที่ผู้ออกแบบได้กำหนดอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์ของเครื่องไว้ดังนี้

1. ซีพียูใช้ Z80-A
2. อุปกรณ์ควบคุมจอภาพ (VDP: Video Display Processor) ใช้ TMS-9129 สำหรับจอภาพในระบบ PAL หรือ TMS-9118 สำหรับจอภาพในระบบ NTSC หรือเบอร์อื่นที่เทียบเท่าของ Texas Instruments
3. อุปกรณ์ภาคเสียง (PSG:Programmable Sound Generator) ใช้ AY-3-8910 ของ General Instruments
4. พอร์ต (PPI:Programmable Peripheral Interface) ใช้ 8255A ของ Intel
5. ROM ขนาด 32 กิโลไบต์ เพื่อเก็บ BIOS และโปรแกรมตัวแปลภาษาเบสิก
6. RAM อย่างน้อย 8 กิโลไบต์

สำหรับอุปกรณ์หลักของเครื่องมีเท่านี้ ซึ่งผมจะได้กล่าวในแต่ละเรื่องต่อไป

รูปร่างภายนอก

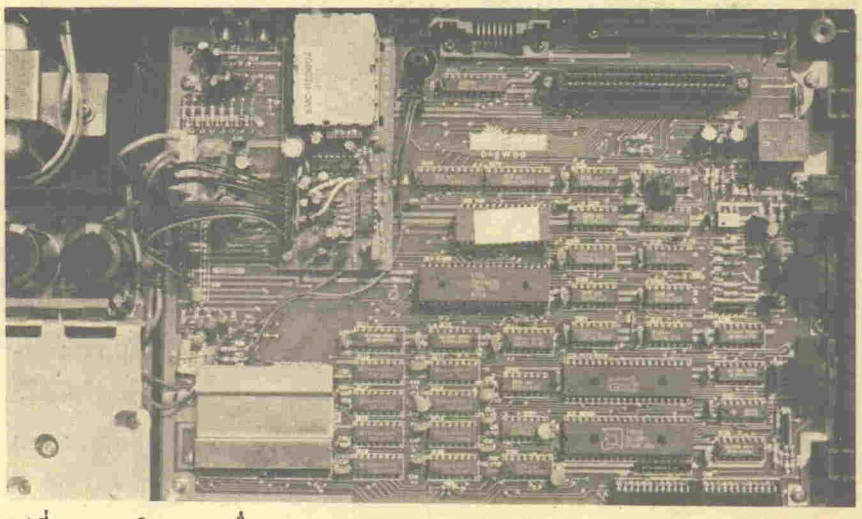
ได้แสดงเครื่องโฮมคอมพิวเตอร์ MSX ไว้ในรูปที่ 1 เป็นเครื่องของ Wandy (ทำในเกาหลีแต่ใช้มาตรฐาน MSX ทุกประการ) ซึ่งเป็นตัวเครื่องโดด ๆ ที่ยังไม่ได้ต่อกับทีวีเพื่อใช้เป็นจอภาพ ขอให้สังเกตว่าได้เสียบตลับเกมไว้ด้วย ระบบนี้เรียกได้ว่าเป็นระบบที่เล็กที่สุด สามารถเล่นเกมได้ สามารถป้อนโปรแกรมภาษาเบสิกและรันได้ แต่ต้องเพิ่มอุปกรณ์อีกชิ้นหนึ่งจึงจะสมบูรณ์คือ เครื่องเล่นเทปคาสเซ็ตต์เพื่อเก็บโปรแกรมที่เราเขียนไว้รันในโอกาสต่อไป

สำหรับเครื่องเล่นเทปมีผู้สงสัยว่าจะต้องใช้อย่างดีไหม ไม่ต้องครับทั้งตัวเครื่องและม้วนเทป ขนาดที่ใช้สำหรับการเรียนภาษา คือ เสียงไม่อู้อี้ก็พอ

ขอนำอุปกรณ์ภายนอกที่จะต่อเข้ากับเครื่องเป็นชุดพื้นฐานมารวมกล่าวอีกครั้งหนึ่งดังนี้

- เครื่องรับทีวีสีขนาดใดก็ได้ ที่เหมาะคือขนาด 12 ถึง 14 นิ้ว ที่รับสัญญาณ UHF ได้ (ทีวีสีในบ้านเราระยะหลังนี้เป็นเครื่องแบบนี้)
- เครื่องเล่นเทปคาสเซ็ตต์ที่อัดได้เล่นได้

รูปที่ 1 Wandy โฮมคอมพิวเตอร์ มาตรฐาน MSX



รูปที่ 2 ภายในของเครื่อง Wandy

- จอยสติ๊ก 1 หรือ2 ตัว
- ตลับเกมหรือแบบเรียนแล้วแต่จะเลือกจำนวนตามต้องการ

อุปกรณ์สำหรับการขยายระบบที่สามารถต่อได้ทันทีคือ

- ฟลอปปี้ดิสค์ไดร์ฟ (ซึ่งจะต้องมีอุปกรณ์ในการควบคุมดิสค์ไดรฟ์ด้วย)
- เครื่องพิมพ์

สำหรับอุปกรณ์พิเศษเพื่อใช้งานเฉพาะอย่าง เช่น โทรศัพท์ กล้องถ่ายรูป เครื่องดนตรี ขอให้ติดต่อกับผู้ขายครับ

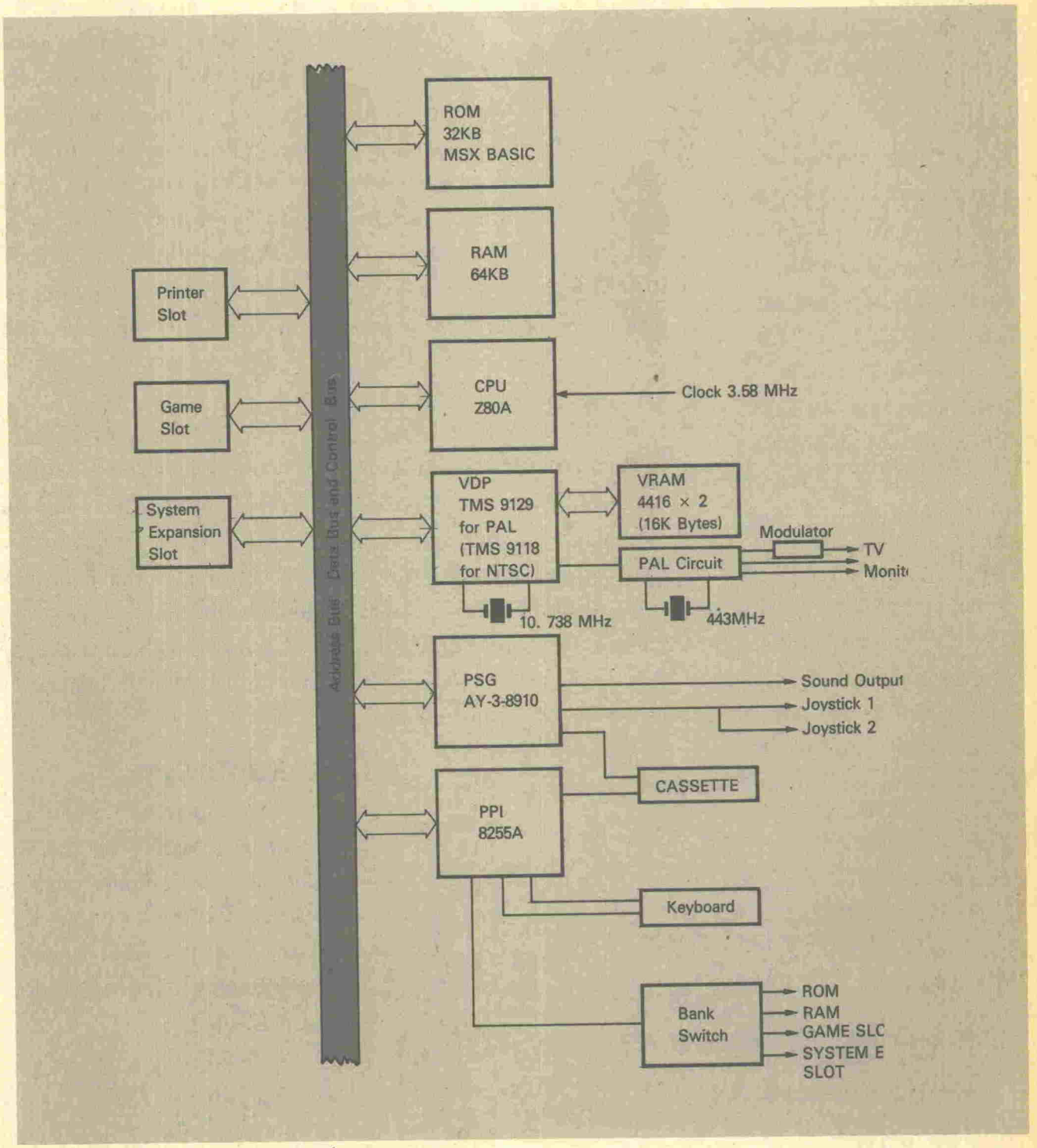
ภายในของเครื่อง

Wandy

หน้าตาภายในของเครื่อง Wandy ดังแสดงในรูปที่ 2 และผมได้นำบล็อกไดอะแกรมมาแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งผมจะขอกล่าวถึงเรื่องราวของอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้โดยทั่วไปก่อน สำหรับอุปกรณ์ที่มีเรื่องจะกล่าวถึงมากคือ CPU และ VDP จะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

ROM

ตามมาตรฐานของ MSX จะต้องมีหน่วยความจำ ROM 32 กิโลไบต์



รูปที่ 3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่อง Wandy

เพื่อเก็บโปรแกรม BIOS หรือ MON สุดแล้วแต่จะเรียก กับโปรแกรมตัวแปลภาษาเบสิก สำหรับ BIOS จะดำเนินการเกี่ยวกับคีย์บอร์ด จอภาพ เทปคาสเซ็ตต์และจอยสติ๊ก ขอให้สังเกตตรงไอซี 8255 ด้วยว่า ได้ให้ Z80 สแกนคีย์บอร์ดด้วยตนเอง ต่างกับแอปเปิ้ลทูและเครื่องพีซีที่มีโปรเซสเซอร์ตัวอื่นดำเนินการให้ ทั้งนี้เพื่อลดต้นทุนในการผลิต และไม่มีความจำเป็นใดในการใช้โปรเซสเซอร์ตัวอื่น

RAM

ตามมาตรฐานกำหนดไว้อย่างน้อย 8 กิโลไบต์ แต่บนเครื่อง Wandy มีถึง 64 กิโลไบต์ ทำให้สามารถป้อนโปรแกรมขนาดใหญ่ได้ บางท่านอาจสงสัยว่าในเมื่อ Z80 อ้างถึงหน่วยความจำได้เพียง 64 กิโลไบต์ จะอ้างถึงหน่วยความจำที่เกินไปนี้ได้อย่างไร เรื่องนี้ไม่ใช่เรื่องยากครับทาง Wandy ทำโดยแบ่งหน่วยความจำออกเป็นส่วน ๆ ส่วนละ 16 กิโลไบต์ แล้วใช้ O/P พอร์ต ในการเลือกหน่วยความจำแต่ละส่วน

VDP

ผมขอผ่านซีพียูไปก่อน สำหรับ VDP หรือ Video Display Processor ทำหน้าที่ควบคุมจอภาพ ซึ่งผมจะกล่าวรายละเอียดในภายหลัง ตอนนี้ขอให้สังเกตว่า VRAM (Video RAM) ไม่ใช่ส่วนหนึ่งของหน่วยความจำหลัก จะเห็นได้จากการที่ไม่ได้ต่อ VRAM เข้ากับระบบบัสของซีพียู

สำหรับสัญญาณนาฬิกาที่ใช้กับ VDP มีความถี่เป็น 10.738 MHz สัญญาณนาฬิกานี้เองที่หาร 3 แล้วนำไปเป็นสัญญาณนาฬิกาของซีพียู ส่วนสัญญาณนาฬิกาของระบบ PAL มีต่างหากความถี่ 443 MHz ซึ่งอยู่ในย่าน UHF

PSG

อุปกรณ์ที่สำคัญอีกตัวหนึ่งคือ PSG คือ Programmable Sound Generator นับเป็นความชาญฉลาดของผู้ออกแบบที่เลือกอุปกรณ์ตัวนี้มาใช้ เพราะเมื่อโปรแกรมคือป้อนข้อมูลที่เป็นโน้ตเพลงให้แก่มันแล้ว PSG จะดำเนินการเอง ทำให้ซีพียูสามารถไปทำงานอื่นได้ เช่น วาดภาพ ในขณะที่มีเสียงเพลงจาก PSG บังเอิญผมไม่มีคู่มือละเอียดจึงไม่ทราบว่าจะป้อนโน้ตได้กี่ตัว

สำหรับการสร้างเสียงนี้สามารถกำหนด โทน ความดัง และ Envelope ให้เหมือนเครื่องดนตรีแต่ละชิ้นได้ เช่น เป็นเปียโน เป็นไวโอลิน เป็นต้น (ต่างกับบนเครื่องพีซีที่เป็นเสียงเดี่ยว) และสามารถกำหนดเป็นเครื่องดนตรีได้ถึง 3 ชิ้นในเวลาเดียวกัน จะให้เสียงที่เป็นธรรมชาติมากกว่าบนเครื่องพีซีครับ เสียดายที่ระดับของเสียงมีเพียง 16 ระดับ ถ้าเป็น 256 ระดับจะดีกว่านี้ ได้ให้ตัวอย่างโปรแกรมเพลงในภาษาเบสิกไว้ในรูปที่ 4

นอกจากนี้ใน PSG ยังมีพอร์ตอีก 2 พอร์ต (ผู้ที่สนใจทางด้านฮาร์ดแวร์ควรรับไว้พิจารณาด้วยครับ) ซึ่งทางเครื่อง Wandy ใช้กับจอยสติ๊ก 2 ตัว มีเหลืออยู่ 1 บิตให้เป็น I/P ของเทปคาสเซ็ตต์

PPI

เนื่องจากต้องติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกมากมายผู้ออกแบบจึงได้ใช้ 8255 (PPI : Programmable Peripheral Interface) ซึ่งมีพอร์ตอยู่ 3 พอร์ตอีก 1 ตัว โดยใช้พอร์ต B ทั้งพอร์ต และพอร์ต C อีกครึ่งพอร์ต ในการตรวจจับการกดคีย์ (72 คีย์) พอร์ต C อีกครึ่งพอร์ตดำเนินการกับเทปคาสเซ็ตต์ 2 บิต ทำเสียงคลิ๊ก 1 บิต และขับ LED เมื่อกด CAP LOCK อีก 1 บิต

สำหรับพอร์ต A ทั้งพอร์ตใช้ในการควบคุมหน่วยความจำซึ่งสามารถขยายได้ถึง 256 กิโลไบต์ และงานเบ็ดเตล็ดอื่น ๆ นอกจากนี้ยังเพิ่ม 74-LS374 อีก 1 ตัว ทำหน้าที่เป็นพอร์ตเพื่อติดต่อกับพรินเตอร์

อุปกรณ์สำคัญในเครื่อง Wandy มีเพียงเท่านี้ นอกนั้นก็เป็นไอซีเบ็ดเตล็ด

แปดกับสิบหก

บางท่านอาจสงสัยว่าทำไมโฮมคอมพิวเตอร์ MSX จึงใช้ Z80 เป็นซีพียู คำตอบที่ง่ายที่สุดคือ การออกแบบเครื่องนี้กระทำเมื่อประมาณ พ.ศ. 2525 ซึ่งเป็นยุคของซีพียูขนาดแปดบิตต่อสิบหกบิต ซีพียูที่แพร่หลายในขณะนั้นได้แก่

6502 เป็นซีพียู 8 บิต
Z80 เป็นซีพียู 8 บิต +
6809 เป็นซีพียู 8 บิต ++
8088 เป็นซีพียู 8 บิต +++

เพลงที่ 1

```
10 PLAY "E2D8C8E8D8","RCRC","RCRC"
20 PLAY "CO5C 04A805C","04A805C","RFRF","RCCR"
30 PLAY"04G2E2","RERA","RCRC"
40 PLAY"D2.R","RBRB","RFRF"
```

รูปที่ 4 โปรแกรมเพลงในภาษาเบสิก

ที่ผมให้ 6502 เป็นซีพียู 8 บิต ธรรมดา เพราะ 6502 เป็นซีพียูขนาด 8 บิตโดยแท้ นอกจากโปรแกรมเคาน์เตอร์แล้วไม่มีส่วนใดเลยที่เป็น 16 บิต ส่วน Z80 ผมให้เป็น 8 บิตกับ 1 บวกเพราะ Z80 มีขาดาต้า 8 ขา คือ 8 บิต แต่มีการดำเนินกรรมวิธีภายในบางส่วนเป็น 16 บิต

คุณคงแปลกใจที่ผมนับเนื้อง 8088 เข้าพวก 8 บิต ทั้งที่โดยทั่วไปจัดเข้าพวก 16 บิต ทั้งนี้เพราะทั้ง 8088 และ 6809 มีขาดาต้า 8 ขา คือ 8 บิต และทั้งสองตัวนี้ดำเนินกรรมวิธีภายใน ในแบบ 16 บิต คือมีความสามารถเท่า ๆ กัน แต่ที่ให้ 8088 มี 3 บวก เพราะสามารถอ้างแอดเดรสได้ถึง 1 เมกะไบต์

หากคุณออกแบบเครื่องนี้จะเลือกเบอร์ไหนครับ ในเมื่อ 6502 กับ Z80 ราคาเท่า ๆ กัน ส่วน 6809 แพงกว่าเป็น 3 เท่า 8088 แพงกว่ากันกว่าสิบเท่า (ถ้าผมจำไม่ผิด) ข้อสำคัญคือตอนนั้นญี่ปุ่นผลิต Z80 เองแล้ว และที่สำคัญยิ่งขึ้นไปอีกคือ CP/M-80 กำลังโด่งดังอยู่บนเครื่องแอปเปิ้ลที่มีการ์ด Z80 และมีซอฟต์แวร์บนระบบจัดการ CP/M มากมาย หากผลิตเครื่องให้ใช้กับระบบจัดการ CP/M ได้ ก็จะมีซอฟต์แวร์ให้ใช้มากมาย

ผมคิดว่าญี่ปุ่นคงคิดเช่นนี้จึงได้เลือกใช้ Z80 เป็นซีพียู และความจริงแล้วการทำงานกับข้อมูลทีละอักขระทีละไบต์ ซึ่งเป็นงานหลักของพีซีและโฮมคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นเครื่อง 8 บิต หรือ 16 บิต ทำได้พอ ๆ กันครับ จะเห็นว่าเครื่องพีซีทำงานที่สัญญาณนาฬิกา 4.7 MHz ไม่ได้เร็วไปกว่าเครื่องแอปเปิ้ลทู 1 MHz เท่าใด

VDP หัวใจที่สอง

โดยทั่วไปถือกันว่า CPU เป็นหัวใจของเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่สำหรับโฮมคอมพิวเตอร์แล้ว ผมว่า VDP เป็นหัวใจของเครื่องด้วย เพราะทำให้ CPU สามารถแสดงภาพกราฟิกในแบบการ์ตูนได้โดยสะดวก

เมื่อผมกล่าวถึง 6845 ซึ่งเป็น CRT Controller ได้เคยกล่าวว่า 6845 ยังไม่เป็นอุปกรณ์ในระบบคอมพิวเตอร์อย่างแท้จริง ความหมายของคำว่าแท้จริงของผมคือ อุปกรณ์นั้นต้องติดต่อกับซีพียูในฐานะพอร์ต (Port หรือ Peripheral Interface) อย่างเช่น TMS-9129 ซึ่งใช้ควบคุมจอภาพอยู่ในโฮมคอมพิวเตอร์ MSX จึงจะกล่าวในรายละเอียดให้มากพอสมควรครับ

การควบคุมจอภาพ

ความจริง VDP เป็นวงจรควบคุมจอภาพ (CRT Controller) ตัวหนึ่งที่เรียกชื่อให้แตกต่างกันคงเป็นเพราะต้องการเน้นให้เห็นความแตกต่างเพราะ TMS-9129 ไม่ได้ควบคุมจอภาพในแบบของ 6845 ซึ่งในแบบของ 6845 นั้นเราจะมองมันเหมือนเป็นตัวนับตัวหนึ่ง ในการให้แอดเดรสแก่ VRAM เพื่อไปขับคาแรกเตอร์เยนฯ อีกทอดหนึ่ง

แต่ในระบบของ VDP ไม่มีคาแรกเตอร์เยนฯ คืออาจกล่าวได้ว่าเท็กซ์โหมดกับกราฟิกโหมดเป็นเรื่องเดียวกัน การทำงานของ VDP จะเป็นในลักษณะ อ่านข้อมูลจาก VRAM มาสร้างเป็นภาพรวมทั้งสีด้วยส่งออกจอภาพ และให้สัญญาณในการควบคุมจอภาพ เช่น Vertical และ horizontal synchronous

สำหรับ TMS-9129 สามารถสร้างจุดภาพได้ 256 จุดภาพต่อ 1 สแกนไลน์ และ 192 ไลน์ต่อ 1 จอภาพ ซึ่งนับว่าเป็นกราฟิกอย่างเหมาะสมสำหรับจอภาพที่เป็นทีวีสี สามารถสร้างสีได้ 16 สีรวมทั้งที่เป็นพื้นจอภาพ และมีวงจรสำหรับรีเฟรชไดมามิกแรมที่ใช้เป็น VRAM ด้วย

โหมดการแสดงภาพ

การแสดงภาพของ TMS-9129 (ซึ่งยังไม่เกี่ยวกับการซ้อนภาพ) ทำโดยแบ่งจอภาพออกเป็นช่องเล็ก ๆ ขนาด 8×8 หรือ 6×8 หรือ 4×4 จุดภาพ แล้วแต่โหมด ซึ่งถ้าให้แสดงในแบบ 8×8 จุดภาพ ก็จะได้ 256÷8 = 32 คอลัมน์ และ 192÷8 = 24 โรว์ คือ 32×24 = 768 ช่องหรือแพตเทิร์น (pattern) ต่อจอภาพ โดยมีโหมดของการแสดงภาพดังนี้

- Graphics I แสดงในแบบ 8×8 คือ 32 คอลัมน์ 24 โรว์ ให้สีได้ช่องละ 2 สี
- Graphics II แสดงแบบเดียวกับ Graphics I แต่สามารถให้สีได้ทุกไลน์ในแต่ละช่อง
- Multicolor แสดงในแบบ 4×4 คือ 64 คอลัมน์ 48 โรว์ ให้สีได้ช่องละ 1 สี แต่ความจริงแล้วโหมดนี้เป็นกราฟิกอย่างหยาบ คือ ถือว่าช่องหนึ่ง ๆ คือจุดภาพหนึ่ง ๆ
- Text แสดงในแบบ 6×8 คือ 40 คอลัมน์ 24 โรว์ จุดประสงค์สำหรับการแสดงภาพตัวอักษรเท่านั้น

การแสดงภาพพื้น

ดังได้กล่าวแล้วว่า VDP จะนำข้อมูลจาก VRAM มาทำเป็นภาพ ซึ่งข้อมูลนี้ CPU จะต้องเป็นผู้นำมาให้ แต่ VRAM ไม่ได้อยู่ในระบบบัสของ CPU ดังนั้น CPU จะทำได้โดยให้ค่าผ่าน VDP คือเอาต์พุตให้แก่ VDP แล้ว VDP นำไปให้แก่ VRAM อีกทอดหนึ่ง โดยกำหนดให้ 2 ไบต์แรกเป็นแอดเดรสต้น ไบต์ต่อ ๆ ไปเป็นข้อมูลที่จะให้แก่ VRAM โดยที่รีจิสเตอร์ใน VRAM จะเพิ่มหนึ่งโดยอัตโนมัติเมื่อได้รับข้อมูลแต่ละไบต์

แอดเดรสที่กล่าวมานี้เป็นแอดเดรสของ VRAM ซึ่งสัมพันธ์กับ VDP

คือเริ่มจากศูนย์ใหม่ แต่การกำหนดแอดเดรสเริ่มต้นที่เรียกว่าเบสแอดเดรส (base address) นี้ ผู้เขียนโปรแกรมจะกำหนดที่แอดเดรสใดก็ได้ และยังแบ่งตามแบบของข้อมูลคือ

Name table ใช้ข้อมูลหน่วยละ 1 ไบต์ ซึ่งจะได้เป็นรหัส 256 แบบ เรียกว่า Pattern number 0 ถึง 255 จำนวนทั้งหมด 768 ไบต์เพื่อให้เต็มจอภาพ

Pattern table เป็นข้อมูลของแพตเทิร์นที่จะแสดงภาพใน 1 ช่อง คือ 8×8 จุดภาพ หน่วยหนึ่งจึงต้องการหน่วยความจำ 8 ไบต์ การกำหนดแพตเทิร์นจะให้มีกี่รูปแบบขึ้นอยู่กับผู้เขียนโปรแกรม แต่จะมีได้ไม่เกิน 256 รูปแบบ (ตาม Pattern number) จึงต้องการหน่วยความจำ 8 × 256 = 2 กิโลไบต์

จากข้อมูลทั้งสองแบบนี้พอจะอธิบายการแสดงภาพของ VDP ได้บ้าง คือ เทียบ Name table ได้กับส่วนที่เป็นวิดีโอแรมในวงจร CRTC ที่ใช้ 6845 ส่วน Pattern table คือ คาแรกเตอร์เยนฯ เช่นเราทำแพตเทิร์นเป็นรูปอักษร A และให้เป็นแพตเทิร์นที่ 65 ใน Pattern table ส่วนที่ไบต์แรกของ Name table ให้ค่ารหัส 65 ไว้ ก็จะปรากฏภาพอักษร A ที่มุมบนซ้ายของจอภาพ

แต่การแสดงภาพกราฟิกเราไม่ได้ทำเป็นภาพอักษร หากทำเป็นภาพตามที่ต้องการ ถ้าต้องการภาพขนาดใหญ่กว่า 1 ช่อง ก็นำหลายช่องมาต่อกัน

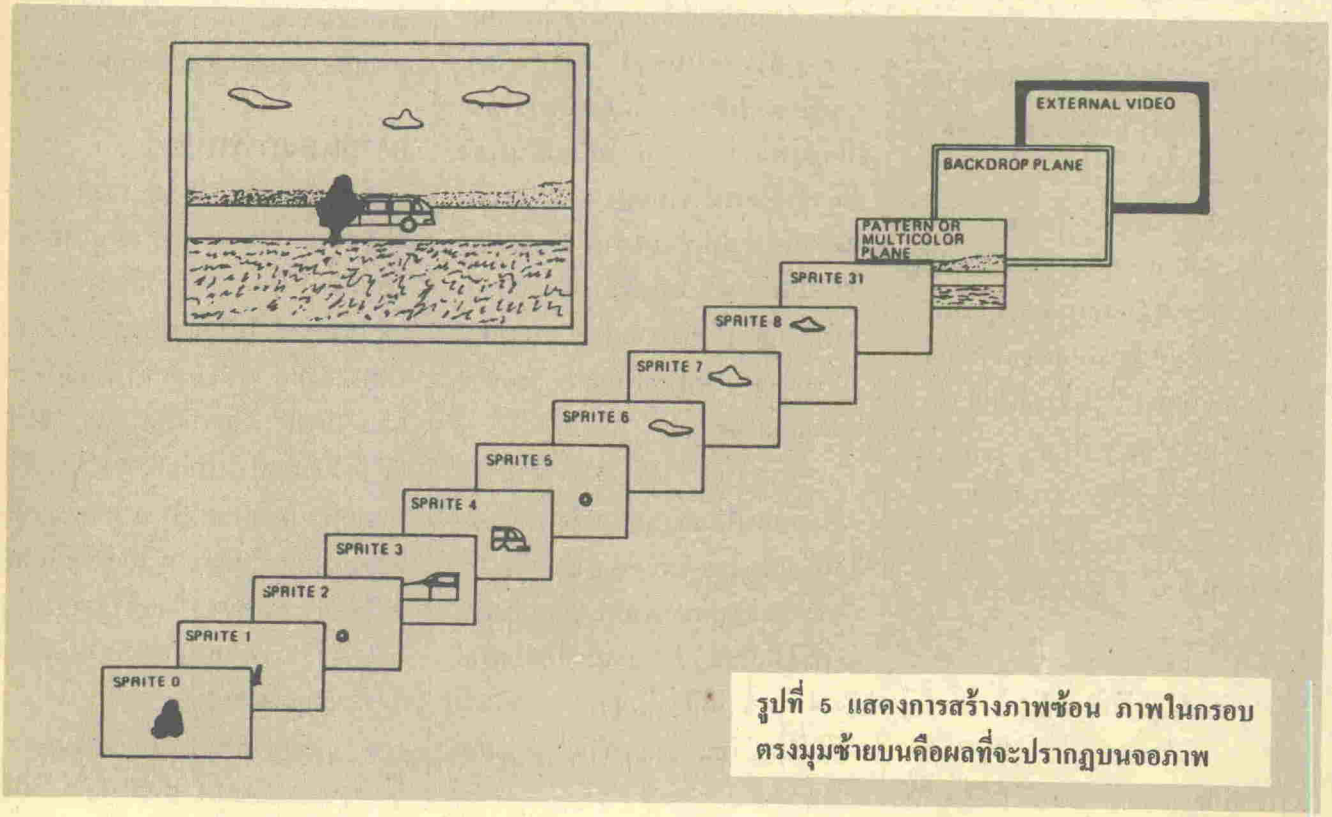
Color table เพื่อให้เกิดเป็นภาพสีบนจอภาพ ซึ่งแสดงได้ 16 สี จึงใช้หน่วยความจำ 4 บิต ในการกำหนดสี 1 สี ในไบต์หนึ่งจึงกำหนดได้ 2 สี เช่น แดง-เหลือง ใน Graphics I ได้กำหนดไว้ว่า ถ้าค่าในแพตเทิร์น เป็น 1 ให้เลือกสี่บิตสูงคือแดง ถ้าเป็น 0 ให้เลือกสี่บิตต่ำคือเหลือง

แต่ใน Color table ได้กำหนดหน่วยความจำไว้เพียง 32 ไบต์เท่านั้น และยังกำหนดให้สัมพันธ์กับ Pattern number อีกคือ ไบต์แรกของตารางนี้จะเป็นสีของ Pattern number 0 ถึง 7 และต่อ ๆ ไปซึ่งไบต์สุดท้ายจะเป็นสีของ Pattern number 248 ถึง 255 ทำให้เกิดเป็นข้อจำกัดในการวาดภาพอยู่บ้างแต่ไม่เป็นปัญหา

ภาพซ้อน

เท่าที่กล่าวมานี้เป็นการสร้างภาพในแบบภาพพื้น ซึ่งไม่มีการเคลื่อนไหว คือเป็นการสร้างภาพกราฟิกทั่ว ๆ ไป และเป็นภาพฉากหลังเมื่อมีการสร้างภาพซ้อน เช่น เป็นภาพภูมิประเทศแล้วสร้างภาพซ้อนเป็นรูปเป็ดกำลังเดิน

การสร้างภาพซ้อนเทียบได้กับการเขียนภาพบนแผ่นใสแล้วนำไปซ้อนทับกันโดยซ้อนทับอยู่บนฉากหลัง (ตามที่กล่าวมา) อีกชั้นหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 5 ฉากหลังคือที่เขียนไว้ว่า Pattern or multicolor plane ซึ่งจะมีพื้นของฉากหลังเป็น Backdrop plane อีกชั้นหนึ่ง เช่น เราอาจจะวาดภาพฉากบนพื้นสีฟ้า เขียว เหลือง ตามใจชอบ ส่วน External video จะเป็นภาพจากสัญญาณภาพภายนอกเช่นจากกล้องวิดีโอ



รูปที่ 5 แสดงการสร้างภาพซ้อน ภาพในกรอบตรงมุมซ้ายบนคือผลที่จะปรากฏบนจอภาพ

ภาพเคลื่อนไหวหรือภาพที่จะซ้อนทับกัน จะวาดอยู่บนแผ่นใสคือ เทมเพลต (template) ที่ในรูปเขียนไว้ว่า สไปรต์ (sprite) แต่ความจริงสไปรต์คือส่วนของภาพที่อยู่บนเทมเพลตโดยกำหนดไว้ว่า เทมเพลตหนึ่ง ๆ จะมีได้เพียง 1 สไปรต์เท่านั้น ขนาดของสไปรต์กำหนดให้มีเพียง 3 ขนาดคือ 8×8, 16×16 และ 32×32 จุดภาพ จะเห็นว่าต้องแบ่งภาพรถยนต์ออกเป็น 4 สไปรต์ และภาพต้นไม้ 2 สไปรต์ (แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการให้สีด้วย เพราะสไปรต์หนึ่งๆแสดงสีได้เพียงสีเดียวบนพื้นใส)

จำนวนเทมเพลตทั้งหมดใช้ได้ไม่เกิน 32 เทมเพลต ตั้งแต่เทมเพลต 0 ถึง 31 โดยมีหลักการว่าสไปรต์ที่อยู่บนเทมเพลตหมายเลขต่ำ คือด้านหน้า จะบังสไปรต์ที่อยู่บนเทมเพลตหมายเลขสูง คือด้านหลัง จะเห็นว่าต้นไม้บังรถยนต์ และรถยนต์บังภาพวิวด้านหลังซึ่งเป็นฉากหลังอยู่ เมื่อรถยนต์เคลื่อนที่ไปการบังกันก็จะเปลี่ยนไปเหมือนของจริง

การบังกันนี้ในไลน์หนึ่งๆ (ใน 192 ไลน์) จะบังกันเกิน 4 ภาพไม่ได้ ภาพที่ 5 คือภาพหลังสุดและต่อ ๆ ไปจะถูกยกเลิกความจริงแล้วภาพผลที่เกิดขึ้นในรูปที่ 5 ผิดความจริงเพราะว่า ในสไปรต์หนึ่ง ๆ นั้นเราจะเลือกสีได้เพียงสีเดียวบนพื้นใส ดังนั้นตรงช่องกระจกที่ไม่ใช่สีเดียวกับตัวรถจะต้องเป็นพื้นใส นั่นคือจะต้องเห็นวิวด้านหลังตรงกระจก

การสร้างภาพซ้อน

คล้ายกับการสร้างภาพพื้นที่กล่าวมา คือ ซีพียูจะต้องให้แพตเทิร์นของภาพแก่ VRAM ผ่านทาง VDP โดยให้เบสแอดเดรสตามด้วยข้อมูล ตามแบบของข้อมูล คือ

Sprite attribute table ในการสร้างภาพซ้อนเราจะต้องกำหนดว่าจะให้ภาพในสไปรต์ปรากฏตรงส่วนไหนของ

จอภาพ โดยให้บอกตำแหน่งมุมบนซ้ายของสไปรต์เป็นค่าโรว์ (0-191 ซึ่งโรว์ในที่นี้หมายถึง line ตามที่กล่าวมา) และค่าคอลัมน์ (0 ถึง 255 คือไม่ใช่ค่าคอลัมน์ตามที่กล่าวมา) ใช้หน่วยความจำ 2 ไบต์ กับต้องบอกชื่อคือรหัสของสไปรต์ใช้หน่วยความจำ 1 ไบต์ และต้องบอกสีใช้หน่วยความจำ 4 บิตแต่ใช้จริง 1 ไบต์ ดังนั้น การกำหนดสไปรต์หนึ่ง ๆ จะต้องใช้หน่วยความจำ 4 ไบต์ทั้งหมด 32 สไปรต์ ใช้หน่วยความจำ 128 ไบต์ โดยที่ค่าของสไปรต์ 0 จะอยู่ที่ต้นเบสแอดเดรสของตารางสไปรต์และคือเทมเพลต 0

Sprite pattern table เช่นเดียวกับที่กล่าวในการแสดงภาพพื้น เป็นแพตเทิร์นสำหรับสร้างภาพในแบบ 8×8 จุดภาพจึงใช้หน่วยความจำ 8 ไบต์ ต่อ 1 แพตเทิร์นสามารถสร้างได้ไม่เกิน 256 แพตเทิร์นตามรหัสของสไปรต์

ตามที่กล่าวว่าสไปรต์มี 3 ขนาด คือ 8×8, 16×16 และ 32×32 จุดภาพนั้น ความจริงแบ่งได้เป็น 4 โหมดคือ

- โหมด 0 แสดงภาพ 1 บิตต่อ 1 จุดภาพ ตรงตัว
- โหมด 1 แสดงภาพ 1 บิตต่อ 2×2 จุดภาพ จึงได้ภาพขนาด 16×16 จุดภาพ
- โหมด 2 แสดงภาพ 1 บิตต่อ 1 จุดภาพ แต่ใช้หน่วยความจำ 4 แพตเทิร์น จึงได้ภาพขนาด 16×16 จุดภาพ
- โหมด 3 แสดงภาพ 1 บิต ต่อ 2×2 จุดภาพโดยใช้หน่วยความจำ 4 แพตเทิร์น จึงได้ภาพขนาด 32×32 จุดภาพ

จะเห็นว่าสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหวได้อย่างสะดวกและการเปลี่ยนภาพบนเทมเพลตก็ทำได้โดยง่าย เพราะเพียงแต่เปลี่ยนชื่อรหัสของสไปรต์ภาพก็เปลี่ยนไป การเคลื่อนไหวก็เพียงแต่เปลี่ยนค่าโรว์และคอลัมน์ และทำได้อย่างนิ่มนวลเพราะเปลี่ยนได้ละเอียดเป็นจุดภาพ

การสร้างภาพที่ผมกล่าวมานี้เป็นการสร้างภาพใน Graphics I สำหรับโหมดอื่นก็คล้าย ๆ กัน เว้นแต่ใน Text mode จะแสดงภาพซ้อนไม่ได้ และเลือกสีได้เพียง 2 สี คือ สีตัวอักษรและสีพื้น (โหมดการแสดงภาพที่กล่าวนี้เป็นไปตามคู่มือไอซีไม่ตรงกับที่กล่าวในคู่มือภาษาเบสิกของเครื่อง)

ประโยชน์ใช้สอย

ทางด้านฮาร์ดแวร์เท่าที่กล่าวมานี้ ผมคิดว่าคงจะพอทำให้มองเห็นภาพกว้าง ๆ ของโฮมคอมพิวเตอร์ได้ สำหรับการนำมาใช้สอยนั้นได้กล่าวมาบ้างแล้ว แต่เห็นว่าควรจะนำมากล่าวรวมกันอีกครั้งเพื่อสะดวกแก่การค้นหา จากที่กล่าวแล้วว่าโฮมคอมพิวเตอร์นั้นสำหรับทุกคนในบ้าน แต่ส่วนใหญ่แล้วจะมุ่งไปที่เยาวชนตั้งแต่อนุบาลถึงมัธยม จึงเลยไปถึงคุณครูด้วย การใช้โฮมคอมพิวเตอร์ทั้งในบ้านและโรงเรียน คงจะเป็นดังนี้

เกม

บางท่านอาจเห็นว่าการเล่นเกมคอมพิวเตอร์เป็นเรื่องไร้สาระ แต่นักการศึกษา (ในต่างประเทศ) ได้วิเคราะห์แล้วเห็นว่าเป็นเครื่องเล่นแบบประเทืองปัญญา จะฝึกเด็กให้เป็นคนช่างสังเกตและรู้จักวางแผน บางเกมเกี่ยวกับการคำนวณก็จะเป็นการเพิ่มทักษะในการคำนวณให้แก่เด็กทำให้ไม่กลัวตัวเลข และเป็นการก้าวไปสู่การเขียนโปรแกรม

เขียนโปรแกรม

ผมขอกล่าวไว้ก่อนว่าจุดประสงค์หลักในการให้เด็กเขียนโปรแกรม ไม่ใช่เพื่อให้เด็กรู้ภาษาคอมพิวเตอร์ แต่อยู่ที่ต้องการฝึกให้เด็กมีความคิดริเริ่ม และสามารถนำจินตนาการของตนมาทำให้เป็นจริงได้ ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากแรงจูงใจจากการเล่นเกม นอกจากนี้ยังฝึกให้เด็กมีความละเอียดรอบคอบทำงานอย่างเป็นระเบียบ และรู้จักคิดอย่างเป็นขั้นตอน ภาษาคอมพิวเตอร์เป็นแค่เพียงเครื่องไม้เครื่องมืออันหนึ่งเท่านั้น

สร้างเครื่องช่วยการเรียนการสอน

นอกจากเขียนเกม เด็กโตอาจจะนำไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องช่วยการเรียนของตน ความจริงแล้วดำเนินการได้กับทุกวิชา แต่ที่นิยมทำกันคือในวิชาคำนวณ ภาษา และฟิสิกส์ บริษัทผู้จัดจำหน่ายบางแห่งสนับสนุนให้เยาวชนเขียนโปรแกรมทางการศึกษา ตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงมัธยม (เด็กย่อมเข้าใจในเด็กครับ)

สำหรับคุณครูก็สามารถใช้เตรียมการสอนได้ ซึ่งอาจจะเขียนเป็นโปรแกรมเพื่อนำไปรันในชั้นเรียน (ขอให้ดูบทความเกี่ยวกับเรื่องนี้ในไมโครฯ 36) หรือรันโปรแกรมของตนอัดลงวิดีโอเทปไปแสดงในชั้นเรียน แล้วแต่จุดประสงค์ในการสอน

ในทางตรงข้ามกัน คุณพ่อคุณแม่อาจจัดหาโปรแกรมการเรียนการสอนในวิชาที่ต้องการมาให้คุณลูกได้ฝึกฝนเปรียบเสมือนมีครูอยู่กับบ้าน

การใช้โฮมคอมพิวเตอร์ในหัวข้อนี้แหละครับที่เป็นเป้าหมายของการใช้โฮมคอมพิวเตอร์ และเป็นการใช้อย่างคุ้มค่าคุ้มราคา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ใช้ด้วยว่าจะใช้มันมากน้อยเพียงใด แต่ไม่ใช่ว่าจะต้องเคี่ยวเข็ญบุตรหลานของท่านให้นั่งจับเจ่าอยู่กับเครื่อง

ในงานธุรกิจ

หากติดตั้งฟลอปปี้ดิสค์ไดรฟ์ด้วยจะทำให้สามารถใช้ในงานธุรกิจได้พอสมควร คือพอๆกับเครื่องแอปเปิ้ลทู แต่เพราะการแสดงภาพอักขระได้เพียง 40 อักขระต่อบรรทัด จึงไม่เหมาะกับงานประเภทนี้นัก เนื่องจากราคาดิสค์ไดรฟ์แพงมาก (แพงกว่าเครื่อง) ในทัศนะของผมเห็นว่าไม่คุ้มค่า

สิ่งที่เป็นห่วง

ของทุกชนิดเมื่อมีข้อดีก็ย่อมมีข้อเสีย สิ่งที่ผมเป็นห่วงมี 2 ประการ ประการแรกคือการใช้โทรทัศน์สีเป็นจอภาพอาจเป็นอันตรายต่อสายตา อีกประการหนึ่งการที่เด็กเรียนภาษาเบสิกเป็นภาษาแรก อาจทำให้เกิดความเคยชินเป็นผลให้เรียนรู้ภาษาที่ต้องเขียนโปรแกรมเป็นโครงสร้างเช่น โลโก ปาสคาล ซี และภาษารุ่นใหม่อื่น ๆ ได้ยาก

ในทัศนะของผมเห็นว่าหากเป็นไปได้ ควรเริ่มต้นเรียนเขียนโปรแกรมด้วยภาษาโลโกในชั้นประถม เพราะเป็นภาษาที่ง่ายแต่เป็นภาษาโครงสร้างและมีสิ่งอำนวยความสะดวกในการสร้างภาพกราฟิก ในแบบภาพลายเส้น (อย่างที่ชอบเขียนกันตามข้างฝา)

แล้วเรียนภาษาเบสิกในชั้นมัธยมต้นเพื่อจะใช้เขียนโปรแกรมทั้งในด้านการคำนวณและกราฟิก หรืออาจเป็นโปรแกรมอื่นใดก็ได้ในวิชาที่เรียน ทั้งนี้เพราะมีพื้นฐานการเขียนโปรแกรมอย่างเป็นโครงสร้างมาแล้ว จะทำให้เขียนโปรแกรมในภาษาเบสิกอย่างเป็นโครงสร้างด้วย

เมื่อขึ้นมัธยมปลายควรเรียนเขียนโปรแกรมด้วยภาษาปาสคาลเพื่อเตรียมตัวสำหรับการออกไปประกอบอาชีพหรือเรียนต่อในระดับสูงต่อไป เพราะพร้อมที่จะเรียนรู้การเขียนโปรแกรมไม่ว่าในภาษาใด และใช้โปรแกรมกึ่งสำเร็จรูปได้ทุกรูปแบบ

การจัดหา

หากคุณคิดว่าโฮมคอมพิวเตอร์เหมาะสำหรับคุณ (คือทุนทรัพย์จำกัด หรือความต้องการทางด้านกราฟิกแบบการ์ตูนสูง หรือต้องการแยกเด็กออกจากเครื่องที่คุณใช้เป็นประจำ) ต้องการจัดหา ผมคิดว่าไม่ควรซื้อจากร้านค้าทั่วไปเช่นตามห้างสรรพสินค้าหรือร้านขายของเด็กเล่น ควรจะซื้อจากร้านที่ประกอบอาชีพทางด้านนี้โดยตรง

เพราะบริการหลังการขายเป็นของสำคัญมาก บริการหลังการขายไม่ได้หมายถึงการซ่อมทำเท่านั้น แต่หมายถึงการบริการทางด้านซอฟต์แวร์และการให้คำแนะนำที่ถูกต้องอีกด้วย ยิ่งเป็นร้านที่สามารถพัฒนาซอฟต์แวร์ได้เองยิ่งดี โดยเฉพาะซอฟต์แวร์ทางด้านการศึกษา

ก่อนจบ

การเขียนเรื่องนี้ผมมีจุดประสงค์อยู่ 2 ประการคือ เพื่อแนะนำเครื่องที่เรียกว่าโฮมคอมพิวเตอร์สำหรับท่านผู้อ่านทั่วไป อีกประการหนึ่งสำหรับผู้ที่สนใจทางด้านฮาร์ดแวร์ จะเห็นว่าเครื่องแบบนี้เราสามารถต่อเองได้ไม่ยากไปกว่าการต่อซิงเกิลบอร์ด (หากมีอุปกรณ์) ปัญหาหนักหากจะต่อขายแข่งกับญี่ปุ่นและเกาหลี คือ ตัวถังกับคีย์บอร์ด

หรือไม่ก็ทำเป็น PAL CARD สำหรับเครื่องพีซี ทำให้เครื่องพีซีกลายเป็นเครื่อง 2 จอภาพ ทั้งนี้เพื่อสร้างภาพการ์ตูนอัดลงวิดีโอเทปใช้ในการศึกษา หรือผสมอักษรลงวิดีโอเทป

ขอขอบคุณบริษัทคอมพิวเทคไมโครซิสเต็ม จำกัด ที่ให้ยืมเครื่อง Wandy มาศึกษา และตอบข้อข้องใจครับ